

下水微生物オンライン画像認識システムの開発

渡辺昭二*、圓佛伊智朗*、原 直樹**、依田幹雄**
平岡正勝***、津村和志***

* (株)日立製作所日立研究所
茨城県日立市久慈町4026

** (株)日立製作所大みか工場
茨城県日立市大みか5丁目2番1号

*** 京都大学工学部環境地球工学教室
京都市左京区吉田本町

概要

活性汚泥プロセスの運転管理は溶存酸素濃度や汚泥濃度等の微生物活動条件を適正に維持する方式が一般的であるが、近年、バルキングなど微生物に起因する異常現象が数多く報告されている。良質な処理水を維持するには、これらの異常現象を早期に発見し、迅速な対策を講じる必要がある。そのためには、微生物の種類やその量などの微生物情報も考慮した運転管理が重要となる。筆者等は、既に、これまで定性的な判断に依存していた出現微生物相を画像処理で定量化し、さらに、微生物情報を用いたバルキング指標を考案してバルキング発生を事前に検知できる見通しを得ている^{1) 2)}。

一方、実プラントで微生物の異常現象を検知するには、微生物の状態をリアルタイムで定量化する必要がある。今回、曝気槽内の活性汚泥をオンラインで観察できる高解像度水中顕微鏡を開発し、画像処理装置と組み合わせた微生物オンライン画像認識システムを確立した。本報では、さらに、水中顕微鏡の設置位置並びに有用な微生物情報を得るための計測条件等を実験的に検討した。本結果に基づいて連続計測を実施し、長期間安定して微生物状態を画像認識することができた。この計測結果からバルキング指標を求めることにより、バルキングをオンラインで検知し、抑制対策を支援するシステムの実現が可能となった。

キーワード

活性汚泥プロセス 糸状性微生物
凝集性微生物 画像処理 バルキング
水中顕微鏡 オンライン 監視

1. 緒言

活性汚泥には多種多様の微生物が生息し、出現種類やその濃度は流入水質及び運転条件等の様々な要因で変化する。熟練オペレータは活性汚泥を顕微鏡観察し、運転に有用な多くの情報を得ている。しかし、これらの情報を得るには多大な時間と長年の経験が必要

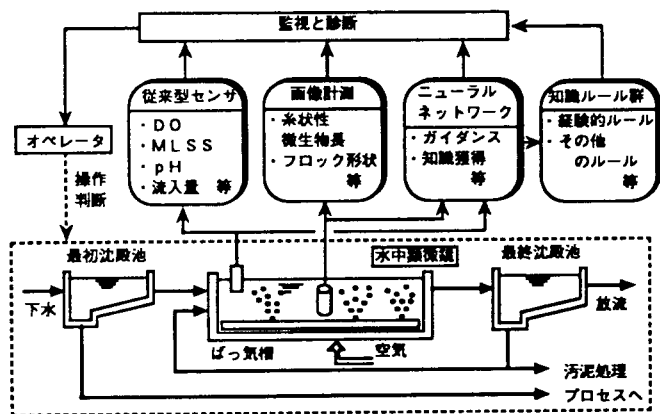


図1 微生物オンライン画像認識システムの位置付け

で、運転管理に十分活かされていないのが実情である。微生物の種類や濃度をオンラインで定量化し、計算機に入力できれば、活性汚泥の変化を素早くキャッチし、より適切な運転が可能となる。また、微生物情報と従来の各種プロセス情報を統合利用すれば新たな運転手法を確立できるものと期待できる(図1参照)。

バルキングは活性汚泥法の代表的な異常現象で、これまで、沈殿率測定や顕微鏡観察などのオフライン操作で判断されていた。筆者等は、画像情報である糸状性微生物の長さ(F)、凝集性微生物の平均粒径(d)及びその体積量(V)で構成したバルキング指標を用いて活性汚泥の沈降状態を評価し、バルキングの発生を事前に予知できることを見い出している(図2参照)。活性汚泥の微生物相は連続的に変化することから、SVI安定領域でバルキング指標の増減傾向を監視することにより、沈降性が実際に悪化する前にバルキングの前兆を知ることができる。

このような微生物情報を自動的かつ連続的に得るには、糸状性微生物を観察できしかも画像処理でその長さを測定できる高解像度の水中顕微鏡が必要不可欠である。

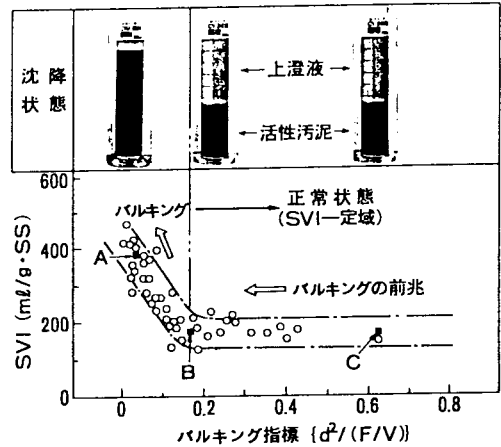


図2 バルキング予知の可能性

2. 微生物オンライン監視システム

図3に活性汚泥中の糸状性及び凝集性微生物をオンラインで計測・監視する画像認識システムを示す。システムは画像処理装置、水中顕微鏡、水中顕微鏡を制御する操作器、及び中継操作盤で構成される。

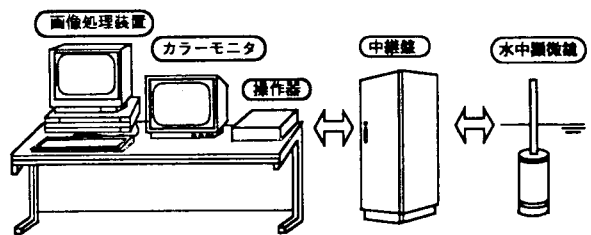


図3 微生物オンライン監視システム

2.1 水中顕微鏡の概要

水中顕微鏡本体の外観とその構造を図4に示す。本体はステンレス製の2つの筐体を上下に配置した縦型方式とし、全体が直接液中に浸漬される。上部筐体は昇降支持棒に接続固定され、対物レンズ(4倍)、カラーカメラ、プランジャー及びワイパー駆動用モータを内蔵している。下部筐体はモータ駆動により上下動するプランジャータイプで、照明ランプが配置されている。また、固定筐体側には平型、プランジャー側には凹型の接液窓ガラスを配置し、両者が密着することにより横型のサンプル

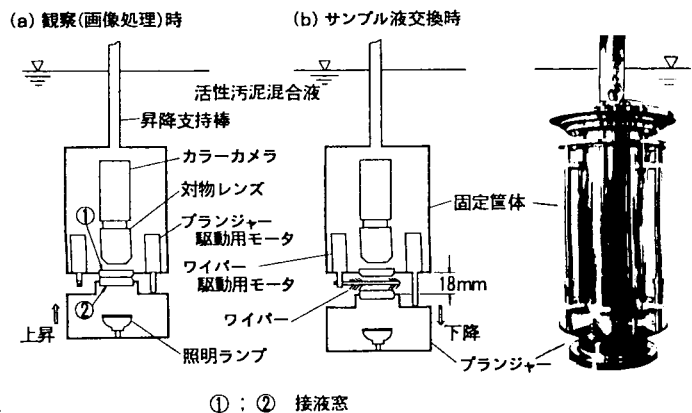


図4 水中顕微鏡の外観と構造及び動作方法

ル室が形成される。凹型接液窓ガラスの凹み深さは、卓上顕微鏡のプレパラートの液厚みと同等の100 μm としている。さらに、2つの接液窓ガラスを強制的に洗浄できるワイパーを設け、また、各種の電源及び信号配線は昇降支持棒の内部を介して外部へ導いている。

このような構造において、微生物観察時には2つの接液窓ガラスが接するようにプランジャーを上昇させ、凹み部にサンプルを取込む。次に、プランジャーを下降させ、曝気槽混合液の流動を利用してサンプルを自然に交換する。これらの動作は、画像処理装置からの指令で繰返し実行されるが、操作器から手動で行うこともできる。この水中顕微鏡の特長を以下に示す。

- ①横型サンプル室による微生物のプレ防止
- ②凹型封じ込め部による微生物映像の静止化
- ③直接浸漬液交換方式による正確なサンプリング
- ④自動洗浄機構による汚泥付着防止と画像の鮮明化

2.2 画像処理による微生物の認識

水中顕微鏡による活性汚泥の映像と画像処理例を写真1示す。この映像は15インチモニターTV画面上で約200倍の倍率で、太さ1 μm 程度の糸状性微生物が鮮明に捉えられている。この映像を画像処理した結果、凝集性微生物と糸状性微生物が高精度で識別されており、水中顕微鏡の映像が画像処理可能なことが明らかである。

2.3 設置位置と画像計測条件

実機において水中顕微鏡の設置位置と、有用な画像情報を得るための計測条件とを検討した。まず、図5に曝気槽流下方向の3地点における糸状性微生物長、凝集性微生物(フロック)の個数とその平均粒径、並びにバルキング指標の画像測定結果を日平均値と変動幅に整理して示す。この図から、活性汚泥性状は流下方向での変化が見られるが、計測量(縦軸)はいずれも出口部に向かうにしたがって変動幅が小さくなる。このことから、水中顕微鏡の設置位置は、汚泥性状が最も安定して計測でき、沈殿池における汚泥沈降性の評価にも適切な曝気槽出口部が適当である。

水中顕微鏡は曝気槽に直接浸漬され、流動している活性汚泥を逐次サンプル室に取り込むが、取り込み汚泥の状態はサンプリング毎に異なることが予想される。このバラツキを低減し、活性汚泥の性

写真1 顕微鏡映像と画像処理結果の一例

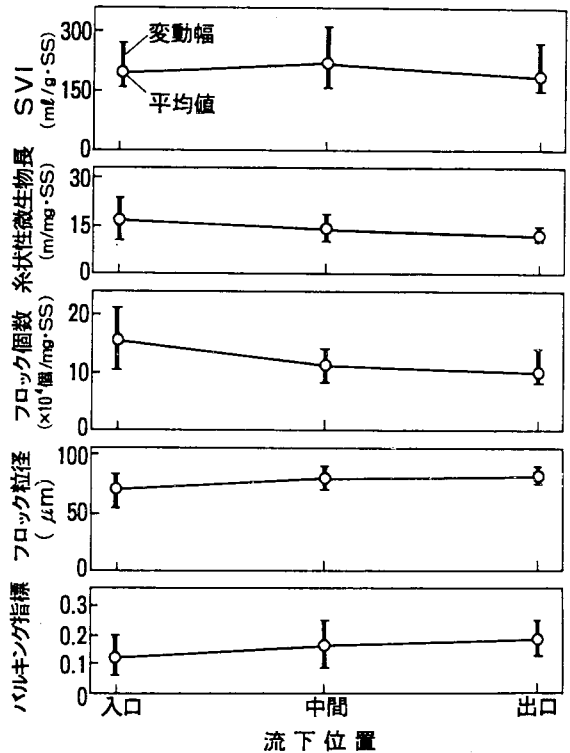
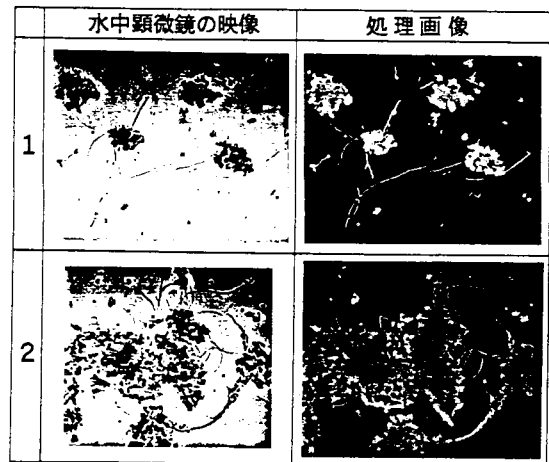


図5 活性汚泥の性状と流下方向の関係

この図から、活性汚泥性状は流下方向での変化が見られるが、計測量(縦軸)はいずれも出口部に向かうにしたがって変動幅が小さくなる。このことから、水中顕微鏡の設置位置は、汚泥性状が最も安定して計測でき、沈殿池における汚泥沈降性の評価にも適切な曝気槽出口部が適当である。

状をより正確に計測するには、計測周期毎に複数画面を画像処理し、その結果を統計的に処理して代表データとする必要がある。糸状性微生物長を対象として、処理画面数の影響を検討した結果を図6に示す。この図から、25画面以上を平均化すれば、計測結果のバラツキが小さく、安定したデータが得られることがわかる。これらの条件に基づいて長期連続計測を実施した。サンプルの取込み周期、すなわち、画像計測周期を90秒として1時間周期で出力したオンライン画像計測結果の一例を図7に示す。このように、曝気槽内の活性汚泥微生物を自動的かつ連続的に定量化できることがわかる。

2.4 微生物画像情報の利用

水中顕微鏡で流動状態にある活性汚泥微生物の鮮明な映像を得、さらに、画像処理装置を組み合わせることにより糸状性微生物、及び凝集性微生物を精度良く認識でき、微生物のオンライン画像監視が可能となった。これにより、先に提案したバルキング指標を連続監視してバルキングをオンラインで予知し、その結果をオペレータに提示することにより

抑制対策を早期に行えるシステムを実現できる見通しが得られた。このバルキングの予知・抑制を対象とした運転支援及びその結果については別報で報告する³⁾。また、図7の項目の他に、フロックの面積(体積)分布や糸状性微生物の長さ分布等も同時に計測でき、これらの微生物情報と従来の各種プロセス情報と組み合わせて空気量の判定やMLSS計の診断等、広い応用が期待できる。

3. 結言

下水処理場の曝気槽に直接浸漬する水中顕微鏡を開発した。この水中顕微鏡は凹型接液窓ガラスを備え、流動する微生物群の安定した高解像度静止画像を連続して得ることができた。この結果、微生物の状態を常時直接監視でき、また、画像処理装置を組み合わせることにより、活性汚泥のオンライン監視が可能となった。さらに、このシステムを用いてバルキング指標を連続計測することにより、バルキングの事前予知と抑制のための先行管理を実施できる見通しを得た。

<参考文献>

- 1) 平岡正勝他：微生物計測のための高速画像処理技術、第20回水質汚濁学会講演集(1986)
- 2) 渡辺昭二他：画像情報を用いた活性汚泥性状の評価指標に関する実験的検討、下水道論文集, 27, 316, 12-22(1990)
- 3) 原直樹他：下水処理場における統合的運転支援システムの開発、第4回ICA国内ワークショップ論文集(1992)

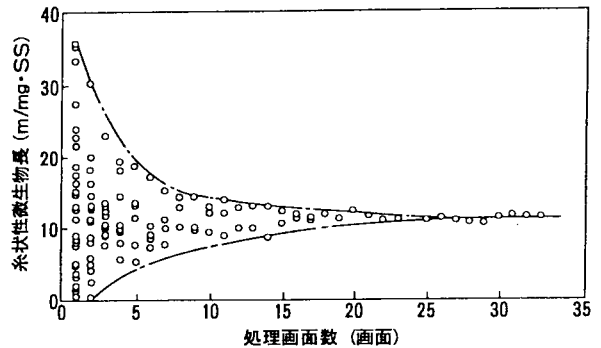


図6 糸状性微生物長に及ぼす処理画面数の影響

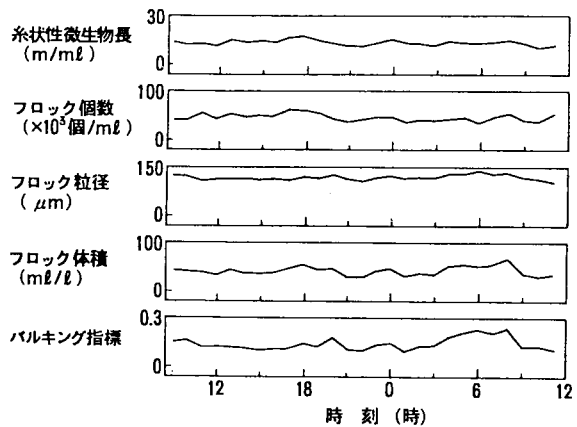


図7 オンライン画像計測結果の一例